

REMARKS

In the Office Action dated April 27, 2004, the Examiner requested that a copy of the cited portion of the text edited by Morneburg be provided, and a copy of that excerpt is attached hereto. A translation of this excerpt is not readily available to the Applicant, however, the statements in the specification concerning this excerpt constitute a summary of its teachings. Applicant has not at this time submitted this excerpt in an Information Disclosure Statement, since to do so would require payment of a fee, and Applicant considers this text to be no more than general background information. If the Examiner wishes to make this reference officially of record, however, the Examiner of course is free to do so, and Applicant would have no objection to such action on the part of the Examiner.

Figure 1 was objected to because the Examiner stated the graphical symbols used therein required textural legends as well, and such legends have therefore been provided.

A number of objections with regard to claims 1-6 were raised under 37 C.F.R. § 1.75(a), and claims 1, 4 and 5 have been amended to address those objections. The specification has been amended to explicitly refer to the viewing stations 11 as being used as the post-processing devices, consistent with the Examiner's assumption.

The monitor at which the camera image is mixed into the displayed examination image can be either the processing apparatus or the post-processing device of claim 1, or both. Claim 1 has been amended to make this clear. The claims also have been amended to make clear that the camera image (still image) is

IN THE DRAWINGS:

Figure 1 has been amended as shown on the revised sheet attached hereto.

mixed into the displayed examination image, in a window that is separate from the examination image.

The objections to the claims therefore are respectfully submitted to be overcome.

Claims 1-6 were rejected under 35 U.S.C. §103(a) as being unpatentable over Herzog and Kraft, in view of Alexandrescu. This rejection is respectfully traversed for the following reasons.

The subject matter disclosed and claimed in the present application concerns a clinical system with a number of imaging modalities that are connected via a communication network. Each imaging modality has a workstation already associated therewith, namely the viewing stations 5-8 in Figure 1. Post-processing devices 11 also are provided, which allow further processing of the images that have already been processed at the viewing stations 5-8. At any of the viewing stations (processing apparatus) or at the post-processing device, a camera is provided that acquires a still image of the environment of the viewing station (processing apparatus) or the environment of the post-processing device. This still image is mixed, in a window, together with the already-displayed examination image at the monitor of the respective processing apparatus or post-processing device. The camera image (still image) is not used for diagnostic purposes, but instead allows real-time monitoring of a patient during the diagnostic data acquisition.

Applicant acknowledges that the Herzog reference discloses the basic components of such a clinical system, but without any use of the aforementioned cameras. In the Herzog system, the apparatus for digital acquisition of optical images serves to store these images together with the medical and patient-related

data. These images are used, for example, as a reference for the continuation of the treatment of a particular patient, or for supervision. These images can be retrieved, if appropriate entries are made at a processor, but there is no disclosure or suggestion in the Herzog reference, if and when these images are retrieved, to display the retrieved image in a window together with the examination image (mixed with the examination image on the monitor). Either the examination images or the aforementioned supervisory images are displayed in the Herzog reference.

The same is true of the Kraft reference.

In the Alexandrescu reference, one or more cameras are mounted at the ceiling, for example, of a room containing an imaging modality, and produce a 3D image of the examination apparatus as well as the examination personnel and the physician, for the purpose of preventing collisions between movable apparatus components and the people in the examination room. For this purpose, there is no need, and therefore no disclosure or suggestion in the Alexandrescu reference, to mix any images together, nor to display one image in a window together with another image. The images are only supplied to an evaluation device 14, which achieves the necessary and appropriate control of the medical apparatus. There is no need to visually reproduce any of these images for that purpose, and therefore modifying either of the Herzog or Kraft references in accordance with the teachings of the Alexandrescu reference would not result in a system as disclosed and claimed in the present application.

A fundamental difference between the subject matter disclosed and claimed in the present application and the prior art references relied upon by the Examiner is that in the inventive subject matter, for each imaging modality, images of the entire

modality are acquired and are reproduced in a window on a display monitor together with the examination image. The images are all displayed at a single console screen, rather than at a number of different screens, and thus allow real-time visualization of these images to support an examination procedure, as well as allowing video conferencing. None of the prior art reference discloses or suggests displaying images of any type for this purpose.

All claims of the application are therefore submitted to be in condition for allowance, and early reconsideration of the application is respectfully requested.

Submitted by,

 (Reg. 27,841)

SCHIFF, HARDIN LLP
CUSTOMER NO. 26574
Patent Department
6600 Sears Tower
233 South Wacker Drive
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312/258-5786
Attorneys for Applicant.

CH1\4185715.1



BEST AVAILABLE COPY

Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik

Röntgendiagnostik und Angiographie
Computertomographie
Nuklearmedizin
Magnetresonanztomographie
Sonographie
Integrierte Informationssysteme

Herausgeber: Heinz Morneburg

3., wesentlich überarbeitete und erweiterte Auflage, 1995

Publicis MCD Verlag

Autoren	Abschnitt
Mirca Alexandrescu	8.1.6.3
Karl Barth	8.2.5
Hansjörg Bittorf	4.1, 8.1.1
Eduard David	1
Peter Durlak	8.2.3
Hartmut Duschka	8.1.4
Birgit Eicker	8.2.5
Walter Folberth	8.3.5
Thomas Grandke	11.3-11.3.2, 11.3.6
Christian Greinacher	13
Jörg Haendle	8.1.6.4-8.1.6.6
Wolfgang Härer	2
Rainer Haerten	12, 12.2-12.3
Dietrich Hassler	7.1-7.3
Hans Heinrich	4.2
Gert Heitzel	12.1
Willi Kalender	5.5, 9.3
Peter Keil	5.5.1-5.4
Bernd Keuenhof	8.1.6.1
Klaus Klingenberg-Regn	10, 10.1
Wolfgang Knüpfer	8.1.3-8.1.3.2, 8.1.5
Peter Krauß	8.2.1
Johann-Gerhard Krell	8.3.2
Herbert Kuhn	8.1.2
Gerhard Laub	11.3-11.3.2, 11.3.4-11.3.5
Reiner Liebetruhl	9.1-9.2
Anton Nekovar	8.1.6.2, 8.1.6.7
Hartwig Newiger	10.2
Jürgen Niepel	8.3.1
Arnulf Oppelt	6, 7.1-7.3
Rolf Pleifer	8.2.4
Hans-Erich Reinfelder	8.1.3.3
Heinz Runge	8.1.7
Rolf Sauter	11.3.7
Peter Scharl	8.2.6
Alfred Schenz	8.3.3, 8.3.4
Günther Schwierz	3
Hartmut Sklebitz	8.2, 8.3
Richard Soldner	7.4
Eckart Stetter	11.1-11.2, 11.3.3
Karl Wiesent	2
Oliver Zimmermann	8.2.2

13.2 Picture Archiving and Communication System (PACS)

Für computergestützte Bild-Informationssysteme wurde im angelsächsischen Sprachraum das Akronym PACS geprägt [13.10, 13.11].

13.2.1 Aufgabenstellung

Die Hauptziele für den Einsatz eines PACS sind die Optimierung

- der Patientenversorgung,
- des Arbeitsablaufs in der radiologischen Abteilung,
- der Bildverteilung im Krankenhaus,
- der Bildversorgung für Forschung und Lehre und
- der Bildarchivierung.

Beim konventionellen Arbeiten mit Filmen führen die nicht immer zeitgerechte Bereitstellung eines bestimmten Filmes sowie der Verlust von Filmen dazu, daß die radiologische Untersuchung, deren Befundung und der Therapieeinsatz, d.h. die Patientenversorgung, zeitlich verzögert werden. PACS soll nun helfen, solche Bildverluste zu vermeiden, Suchzeiten auf ein Minimum zu reduzieren und unmittelbar nach der radiologischen Befundung die Bilder (zusammen mit dem dazugehörigen Befund) dem anfordernden Arzt zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu übermitteln.

Durch schnelle Bildkommunikation zum Arbeitsplatz des Radiologen kann die Qualität einer soeben entstandenen Bildserie sofort beurteilt, und anhand der unmittelbar nach jeder Untersuchung zur Verfügung stehenden Bilder kann entschieden werden, ob die Untersuchungsfolge fortgesetzt oder modifiziert werden soll. Der direkte Zugriff vom diagnostischen Befundarbeitsplatz aus auf gespeicherte frühere Bilder verkürzt die Befundungszeit. Der Arbeitsablauf wird dadurch beschleunigt, der „Patientendurchsatz“ erhöht und die Belastung des einzelnen Patienten durch die Untersuchung verringert.

Der Forschung und Lehre werden durch computergestützten Zugriff auf Bilder und Befunde neue Möglichkeiten für die Vorbereitung und Durchführung von Konferenzen und Lehrveranstaltungen eröffnet. Beim Zugriff auf digital gespeicherte Bilder und Befunde werden Kollisionen mit Anforderungen zur Patientenversorgung vermieden.

Die digitale Bildarchivierung ermöglicht den Zugriff auf archivierte Bilder mit kurzen Suchzeiten. Heutige Archivmedien (optische Platten, optische Bänder) genügen der Forderung, daß diese über die Archivierungszeit (30 Jahre) ohne zwischenzeitliche Regenerierung stabil sein müssen. Die oft formulierte Forderung, daß die Archivmedien trotz fortschreitender Technologieentwicklung über die gesamte Archivierungszeit mit vernünftigem Aufwand lesbar sein müssen,

ist nach Meinung des Autors zu relativieren, da die Zugriffshäufigkeit auf archivierte Daten nach etwa zwei Jahren drastisch abnimmt [13.12] und nach fünf Jahren weit unter einem Prozent liegt, so daß gegebenenfalls der Zugriff auf in „veralteter Technologie“ archivierte Bilder über einen Umsetzer erfolgen kann, ohne daß der dadurch verursachte Zeitverlust den Arbeitsablauf in der Radiologie stören würde.

13.2.2 Systemkonzept

Die Struktur mit den wesentlichen Komponenten eines PACS ist in Bild 13.2 dargestellt: Die bildzeugenden Systeme geben die generierten Bilder als elektrische Signale an ein Bildkommunikationsnetz ab. Die Bilder werden in einem Bildspeicher- und -archivierungssystem gesammelt. Von einer Vielzahl von arbeits- und bildbetrachtungspunkten werden zu unterschiedlichen Zeiten von unterschiedlichen Orten gespeicherte Bilder angefordert und zur Befundung, zur Konsultation oder für Forschung und Lehre auf Bildmonitoren dargestellt. Dabei können sie untereinander und mit früheren Untersuchungen verglichen und nachbearbeitet werden. PACS ermöglicht es, den anfordernden Ärzten fertige Bilder über das digitale Kommunikationsnetz zuzusenden und diese auf den jeweiligen bildbetrachtungspunkten darzustellen. Da nicht in jedem Fall und zu jedem Ort die Bilder über das Kommunikationsnetz geschickt werden können (ambulanten Patienten müssen z.B. konventionelle Filmbilder mitgegeben werden), erlauben an das Kommunikationsnetz angeschlossene Laserkameras die Dokumentation der Bilder auf Film.

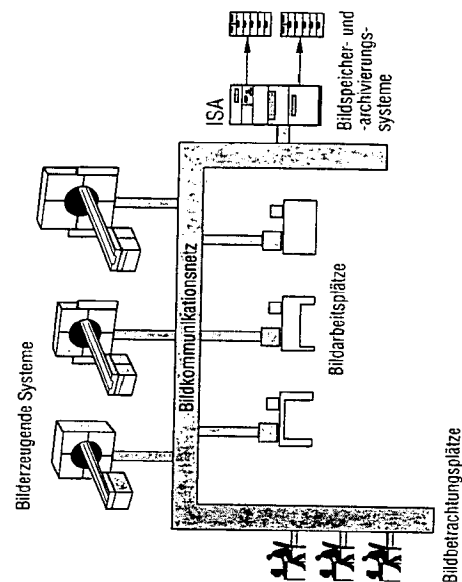


Bild 13.2 Grundstruktur eines PACS

Eine Verbindung zum Management-Informationssystem RIS ermöglicht den Austausch von Patienten- und radiologischen Leistungsdaten.

Eine reale Systemarchitektur wird in Abschnitt 13.3.1 am Beispiel SIENET behandelt.

13.2.3 Standardisierung

Einzelne Subsysteme eines PACS können von unterschiedlichen Herstellern kommen. Subsysteme sind die bilderzeugenden Systeme, das Kommunikationsnetz, das Datenhaltungssystem, die Bildarbeits- und Bildbetrachtungspunkte sowie die Laserkameras. Um die Kompatibilität dieser Subsysteme zu gewährleisten, müssen herstellernunabhängige Standards geschaffen werden für die Geräteschnittstellen, für die Bildheader und Bildformate, für die Kommunikationsprotokolle, für die Speicherformate sowie auch für die Bedienelemente und die Syntax der Benutzeroberfläche.

Nationale und internationale Fachgremien arbeiten an der Festlegung von Standards. Für die radiologischen Informationssysteme sind dabei OSI, TCP/IP, DICOM und IPI von besonderer Bedeutung.

OSI (Open Systems Interconnection) ist ein international standardisiertes Software-Architekturmodell, in dem kommunikationsorientierte Teilfunktionen insgesamt sieben aufeinander aufbauenden Funktionsschichten (OSI-Layers) systematisch strukturiert sind [13.13]. Innerhalb einer jeden Schicht werden die Regeln, denen die zugehörigen Kommunikationsfunktionen genügen müssen, als sogenannte Kommunikationsprotokolle definiert. Sie gewährleisten damit, daß die Kommunikationspartner im Netz sich gegenseitig verstehen.

Die beiden gebräuchlichsten nach OSI standardisierten Kommunikationsnetze und -protokolle, die heute zur Verfügung stehen, sind TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol) auf ETHERNET mit einer Signtrate von 10 Mbit/s und TCP/IP auf FDDI (Fiber Digital Data Interconnect) mit einer Signtrate von 100 Mbit/s.

DICOM 3.0 (Digital Imaging and Communication) entstand aus der Zusammenarbeit des American College of Radiology (ACR) und der National Electrical Manufacturers Association (NEMA) [13.14]. DICOM standardisiert die Struktur der Formate und beschreibenden Parameter für radiologische Bilder und Kommandos zum Austausch dieser Bilder, aber auch die Beschreibung anderer Datenobjekte, wie Bildfolgen, Untersuchungsreihen und Befunde. Auch die Beschreibung unterschiedlicher Verfahren zur Bilddatenkompression ist in DICOM festgelegt.

IPI (Image Processing and Interchange Standard) ist ein umfassender bildorientierter Standard für allgemeine Datenverarbeitungs- und Kommunikationsanwendungen [13.15, 13.16]. Weltweit unterstützt von der einschlägigen Industrie liegt IPI seit Mitte 1994 als internationaler Standard vor. DICOM beschreibt innerhalb von IPI die kontextspezifischen Merkmale.

13.2.4 Datenvolumen und Zugriffshäufigkeit

In einem PACS müssen Patienten-, Anforderungs- und physikalische Untersuchungsdaten sowie Bilddaten und Befunde erfaßt, kommuniziert und gespeichert werden. Die Abschätzung des mittleren Datenvolumens der für einen Patienten angefertigten radiologischen Bilder ist mit einer größeren Schwankungsbreite behaftet (Tabelle 13.1).

Als repräsentativen Mittelwert kann man von 30 Bildern je radiologisch untersuchtem Patienten während seines Krankenhausaufenthaltes ausgehen bei einem Mittelwert von 1 Mbyte Bildinformation je Bild. Im Einzelfall muß die Schwankungsbreite zwischen 8 kbyte je Bild in der Nuklearmedizin, über 2 Mbyte bei der digitalen Subtraktionsangiographie bis zu 8 Mbyte je Bild bei der digitalen Lumineszenzradiographie beachtet werden.

Als Beispiel sei eine Abteilung mit 15 Untersuchungsräumen betrachtet: Im Mittel sollen je Tag und Raum 20 Patienten untersucht und je Untersuchung im Mittel 20 Bilder erzeugt werden. So ergeben sich für eine solche Abteilung je Tag $15 \cdot 20 \cdot 20 = 6000$ digitale Bilder. Diese grobe Abschätzung stimmt überein mit den in [13.17, 13.18] für ein 700- bzw. 900-Betten-Krankenhaus genannten Werten. Mit einem angenommenen Mittelwert von 1 Mbyte je Bild ergibt dies ein tägliches Bilddatenvolumen von 6 Gbyte.

Dieses abgeschätzte Datenvolumen kann bei Spitzenlast, insbesondere wenn auch kardiologische Röntgenuntersuchungen einbezogen werden, allerdings wesentlich überschritten werden. Für die nachfolgenden Abschätzungen wird deshalb von einem mittleren täglich erzeugten Datenvolumen von 10 Gbyte ausgegangen.

Tabelle 13.1

Struktur und mittlere Volumina der Daten eines stationären Patienten während eines Krankenhausaufenthaltes; Gesamtvolumina 30 Mbyte + 9 kbyte

Patienten- daten	Anforderungs- daten	Physikalische Untersuchungs- daten	Bilddaten	Befund- daten
Name, Geburtsdatum, Geschlecht, Beruf, Identifikation	Organ, Zahl der Aufnahmen, Anfordernde Station, Anfordernder Arzt, Unters.vorbereitung, Verdachtsdiagnose, Risikofaktoren	Physikalische Untersuchungs- daten (Dosis)	Bildheader, Pixelwerte Grafik-Overlays Text-Overlays	Befunde
1 kbyte	1 kbyte	6 kbyte	30 Mbyte	1 kbyte

Nach [13.17] wird auf jedes Bild eines Patienten während der ersten drei Tage seines Krankenhausaufenthaltes bis zu 14mal zugegriffen. Bei 10 Gbyte Tagesproduktion bedeutet dies bis zu 140 Gbyte Bildtransfers. 80% dieser Last konzentrieren sich auf fünf Stunden Arbeitszeit. Dies entspricht einer Netzbelastung von größenordnungsmäßig 6 Mbyte/s als Mittelwert über fünf Stunden.

Neben der Häufigkeit des Zugriffs auf aktuelle Bilder ist jene auf bereits archivierte Bilder von Interesse. In [13.12, 13.17] wird von einer Untersuchung in einem 540-Betten-Krankenhaus berichtet, wonach jährlich auf 2,47% der im Archiv (5 Jahre) gelagerten 409661 Filmmaschinen zurückgegriffen wurde. Dies sind absolut 10120 Filmmaschinen, die pro Jahr aus dem Archiv geholt werden müssen. Bei im Mittel 25 Bildern pro Filmmaschine muß also täglich auf etwa 1000 Bilder aus dem Archiv zugegriffen werden. Daraus läßt sich die Forderung ableiten, radiologische Bilder bis zu etwa einem Jahr im Direktzugriff in einem Speichersystem zu halten.

13.2.5 Anforderungen an das System

Für die benötigte Speicherkapazität errechnet sich mit den in Abschnitt 13.2.4 genannten Daten für eine Patientenliegezeit von 13 Tagen ein Bild Datenvolumen von etwa 150 Gbyte, das im Direktzugriff gespeichert werden muß. Um Bilder für die Dauer eines Jahres zu archivieren und im direkten Zugriff zu halten, benötigt man eine Speicherkapazität in der Größenordnung von $2,5 \text{ Tbyte} = 2,5 \cdot 10^{12} \text{ byte}$, unkomprimiert. Mit optischen Speichermedien können solche Archivkapazitäten heute realisiert werden. Durch Datenkompression kann die benötigte Speicherkapazität noch um den Kompressionsfaktor 2,5:1 reduziert werden.

Die mittlere Netzbelastung liegt nach Abschnitt 13.2.4 während der Hauptlastzeit bei größenordnungsmäßig 6 Mbyte/s. Mit etwa 8 Mbyte/s liegt der zu fordernde Spitzenwert für die Übertragung eines einzelnen angeforderten Bildes (8 Mbyte Bildinformation) in einer Sekunde noch etwas höher. Nach eigenen Untersuchungen wird mit FDDI bei einer Signallrate von 100 Mbit/s heute ein Durchsatz von etwa 3 Mbyte/s erreicht. Obwohl anzunehmen ist, daß in Zukunft Kommunikationsnetze mit höherem Datendurchsatz zur Verfügung stehen, wurde bei SIENET (s. Abschnitt 13.3) eine Systemarchitektur gewählt, die die Engpässe beim Datendurchsatz bereits durch den konzeptionellen Ansatz reduziert [13.19].

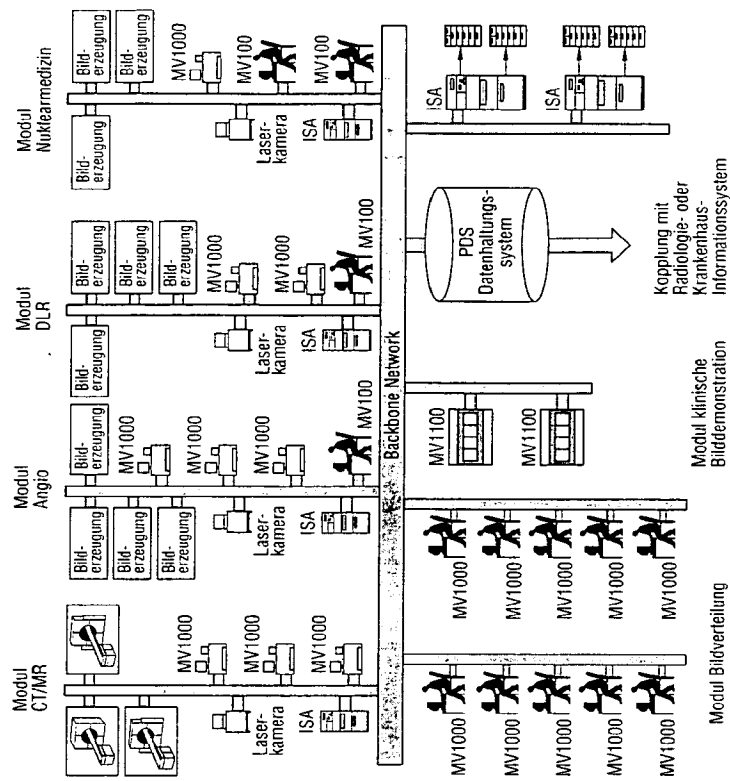
In der täglichen Routine wird von PACS hohe Systemverfügbarkeit, fehlertolerantes Verhalten und absolute Datensicherheit gefordert. Dies bedeutet, daß in der Routine die Datenhaltung und die Netzkonfiguration redundant ausgelegt sein müssen.

13.3 Siemens-System SIENET

13.3.1 Strukturierte Systemarchitektur

In Abschnitt 13.2.2 wurde das grundsätzliche Systemkonzept eines PACS dargestellt. In einer realen Umgebung muß die Systemkonfiguration auf die individuellen Belange der Anwender zugeschnitten werden. Die Teilbereiche einer radiologischen Abteilung (umfassender wäre hier der angelsächsische Begriff „Imaging Department“) wie Computertomographie, Angiographie, Nuklearmedizin, Notfallabteilung, Konsultation und klinische Demonstration, oder auch Spezialbereiche wie Kardiologie oder Onkologie erfordern spezifische Problemlösungen.

SIENET besteht aus einer Vielzahl von Komponenten aus Hard- und Software (Produkte), die in einer modular strukturierten Systemarchitektur individuell konfiguriert (Ingenieurleistungen) und somit an die unterschiedlichen Anforderungen angepaßt werden können (Bild 13.3). Jedes Modul ist dabei ein in sich



MV MagicView

Bild 13.3 Systemarchitektur von SIENET

abgeschlossenes Teil-PACS und auf die speziellen Bedürfnisse eines Teilbereiches hin optimiert.

Die Integration der einzelnen Module zu einem Gesamtsystem erfolgt durch das „Backbone Network“ und das übergreifende Datenhaltungssystem PDS (Patienten Daten System).

Diese strukturierte Systemarchitektur bietet wesentliche Vorzüge [13.20]:

Das Gesamtsystem kann schrittweise auf- und ausgebaut werden.

Die Betriebsbereitschaft des Gesamtsystems wird erhöht. Selbst bei Totalausfall eines Moduls können die anderen Systemteile ungestört weiterarbeiten.

Engpässe bei der Bildkommunikation werden vermieden. Die Datenkommunikation wird auf mehrere Teilnetze verteilt.

Jedes Modul kann optimal an die Gegebenheiten der zugeordneten Organisationseinheit angepaßt werden. So wird z.B. zum Transport der (relativ geringen) Datenmengen von CT- oder MR-Modalitäten zu den zugeordneten Arbeitsplätzen ETHERNET, aber für die digitale Lumineszenzradiographie (DLR) oder Angio-Szenen FDDI als Netzwerk eingesetzt.

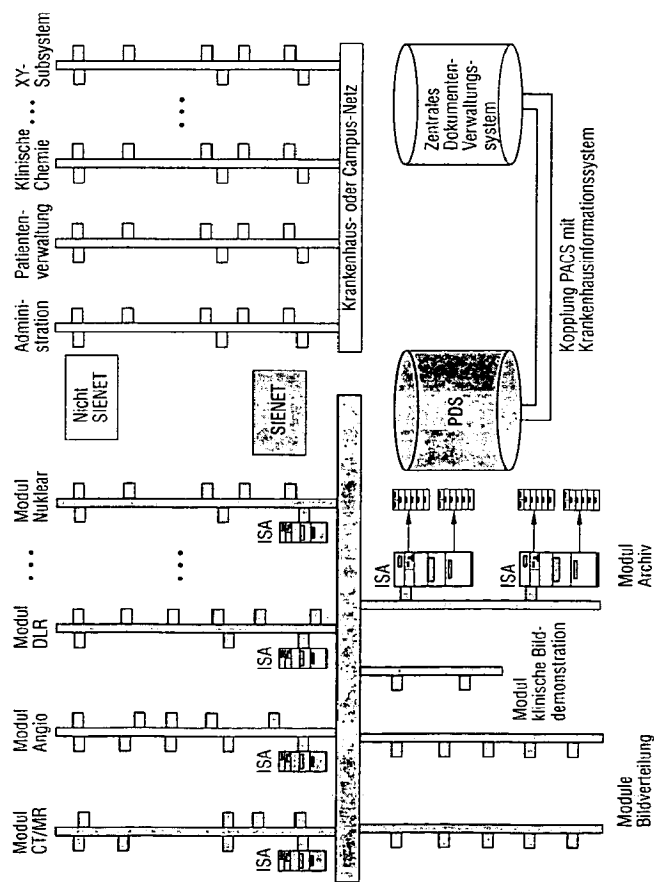


Bild 13.4 Systemarchitektur eines Krankenhausinformationssystems

Zugriffe auf gespeicherte Daten werden beschleunigt durch die strukturierte hierarchische Datenhaltung.

Die Systemarchitektur bleibt auch bei der Integration fremder Systeme erhalten (Bild 13.4).

13.3.2 Bildspeicherung und Archivierung

SIENET realisiert ein hierarchisches Datenhaltungssystem (Bild 13.5), verteilt auf fünf Ebenen:

- Ebene 1: Bildgebende Modalitäten
 Ebene 2: Bildbefundungsplätze MagicView Workstations
 Ebenen 3 und 4: Bildspeicherung auf schnellen Magnetplatten
 Ebene 5: Bildarchivierung auf optischen Medien (on- und off-line)

Die Ebenen 3, 4 und 5 werden zusammengefaßt unter der Bezeichnung ISA (Image Storage and Archiving). Neu akquirierte Bilder werden zunächst immer in zwei dieser Ebenen simultan gespeichert (Modalität und Workstation bzw. Workstation und ISA), bis diese im Archiv auf optischen Platten unzerstörbar abgelegt sind. Dies garantiert ein hohes Maß an Datensicherheit.

Zusätzliche Datensicherung bietet die sogenannte RAID-Architektur in der SASA. RAID bedeutet Redundant Array of Independent Disks [13.21]. Das RAID-Prinzip ist in Bild 13.6 dargestellt.

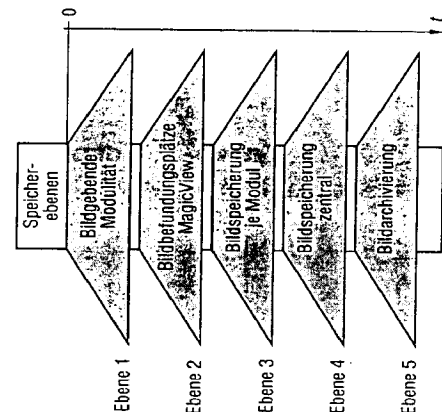


Bild 13.5 Hierarchische Datenhaltung in SIENET

Ein konventioneller Bildspeicher, z. B. für 8 Gbyte Speicherkapazität, wird aus z. B. acht einzelnen Winchester-Plattenlaufwerken mit je 1 Gbyte aufgebaut. Die Bildmatrizen, bestehend aus $n \times m$ Pixeln, jedes Pixel dargestellt mit zwei Byte, werden sequentiell zunächst auf Platte 1, wenn diese voll ist, weiter auf Platte 2 usw. gespeichert. Bei Ausfall eines der Laufwerke sind alle auf diesem Laufwerk gespeicherten Bilder nicht mehr verfügbar, bei einem „Crash“ der Platte sogar für immer verloren. Anders verhält es sich bei einer RAID-Konfiguration: Jedem der acht Winchester-Laufwerke ist ein Bit eines jeden Byte zugeordnet; ein zusätzliches Fehler-Rekonstruktionsbit wird jedem Byte zugefügt und auf dem Laufwerk Nummer 9 gespeichert. Fällt in einer solchen Konfiguration ein beliebiges Laufwerk aus, so läßt sich dennoch der vollständige Informationsinhalt eines jeden Byte aller Bilder über das Fehler-Rekonstruktionsbit rekonstruieren. Statt des hier an acht plus einem parallel betriebenen Plattenlaufwerken erläuterten RAID-Prinzips werden in der Praxis bevorzugt vier plus ein Plattenlaufwerke mit unterschiedlichen Fehlerkorrekturalgorithmen verwendet. Die RAID-Architektur ist fehlertolerant bei – im gezeigten Beispiel – einem Zusatzaufwand von nur 12,5% im Vergleich zum notwendigen Aufwand bei der kompletten Spiegelung aller Daten auf einem redundanten Speichersystem. Zusätzlich erhöht RAID die Schreib- bzw. Lesegeschwindigkeit. Alle Bits eines

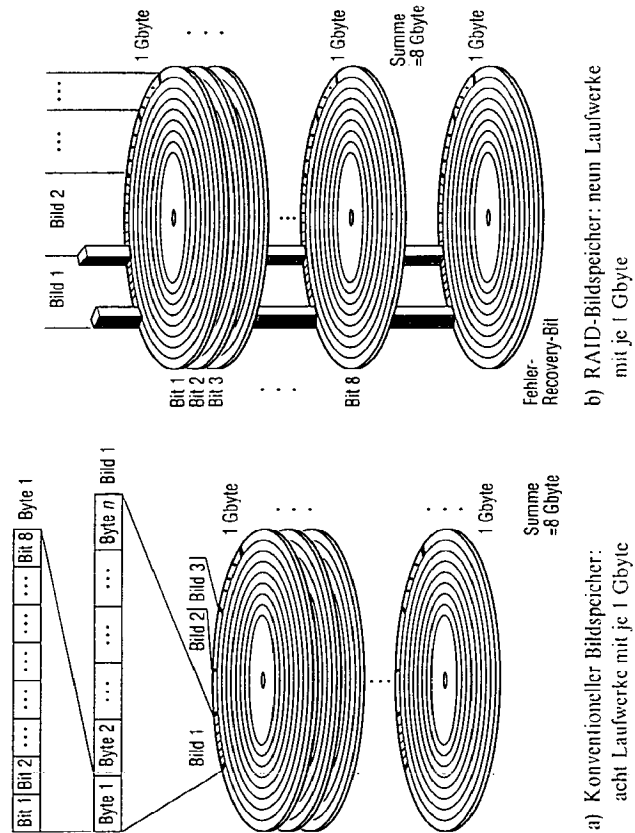


Bild 13.6 RAID-Architektur (Redundant Array of Independent Disks)

Byte werden zeitlich parallel geschrieben und gelesen. Theoretisch bringt dies bei acht Laufwerken einen Zeitgewinn um den Faktor 8. Praktisch kann man etwa 60% dieses Gewinns realisieren.

Um das große Bilddatenvolumen bei gleichzeitig schnellem Zugriff auf die Bilder zu beherrschen, wird die Datenhaltung im SIENET auf die einzelnen Module verteilt. Jedes Modul in Bild 13.3 kann eine oder mehrere ISA haben. Die Strukturierung der Bildspeicherung in

noch unbefundete Patientenuntersuchungen, gespeichert auf den MagicView-Workstation-Speichern (Ebene 2),

befundete aktuelle Patientenuntersuchungen, gespeichert im Speicher des jeweiligen Moduls (Ebene 3),

komplette Patientenmappen der aktuellen Patienten inklusive aller Voruntersuchungen, gespeichert im schnellen Speicher (Ebene 4),

Langzeitspeicherung aller Patientenmappen auf optischen Medien (Ebene 5)

erlaubt kürzeste Such- und Zugriffszeiten auf Patientenuntersuchungen.

Um den Benutzer nicht explizit mit dieser verteilten Datenspeicherung zu belasten, verwaltet ein zentrales Datenbanksystem PDS (Patienten Datenverwaltungssystem) die verteilten Speichersysteme der Ebenen 3, 4 und 5. PDS verwaltet nicht nur die on-line gespeicherten Bilder, sondern auch die in Ebene 5 off-line archivierten Daten. Es ist selbstverständlich, daß aus Gründen der Datensicherung die PDS-Daten auf einem ausfallsicheren System (z. B. RAID) verwaltet und zusätzlich in regelmäßigen Zeitabständen auf off-line-Datenträger gesichert werden.

13.3.3 Kommunikationsnetz

SIENET verwendet TCP/IP als Kommunikationsprotokoll sowohl auf ETHERNET als auch auf FDDI. ETHERNET ist als kostengünstige Lösung immer dann einzusetzen, wenn die Signallrate von 10 Mbit/s mit einem Punkt-zu-Punkt-Bilddurchsatz von etwa 600 kbyte/s den Anforderungen genügt. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Übernahme der Bilder einer CT-Untersuchung von dem Computertomographen über das Netz in den zugeordneten Bildarbeitsplatz.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn mehrere Teilnehmer gleichzeitig Daten über das Netz schicken wollen. Kollisionen der einzelnen Datenpakete und die notwendigen Protokollwiederholungen führen dann bei ETHERNET zu drastischem Absinken des Datendurchsatzes. Für die Verbindungen zwischen Bildarbeitsplätzen und den Bildspeichersystemen wird deshalb das FDDI-Netz benutzt, dessen Protokoll auch bei mehreren, gleichzeitig das Netz beanspru-

chenden Teilnehmern Kollisionen vermeidet. Der höhere Durchsatz wird auch bei größeren Datenmengen benötigt, z.B. bei Thorax-Untersuchungen mit DLR (eine Untersuchung besteht z.B. aus drei Bildern mit je 8 Mbyte) oder bei Angiographie-Untersuchungen (eine Untersuchung mit z.B. 20 Bildern je 2 Mbyte).

Da SIENET sowohl in ETHERNET als auch in FDDI-Netzen das gleiche Übertragungsprotokoll TCP/IP verwendet, können beide Netze sehr einfach über sogenannte Bridges miteinander verbunden werden.

13.3.4 Bildarbeitsplätze

Unter der Produktbezeichnung MagicView Workstations stehen in SIENET Bildarbeitsplätze höchster Leistung und Bildqualität zur Bildinterpretation und Befundung zur Verfügung. Ein Hostrechner (Spare mit UNIX Betriebssystem) und Bildspeicher bilden zusammen mit einer standardisierten Modulbibliothek für die Bildverarbeitungsprogramme und die Benutzeroberfläche die Plattform der Bildarbeitsplätze. Zur Erhöhung der Rechenleistung für komplexe Bildverarbeitungen wird der Hostrechner durch schnelle Bildrechner des SMI-5-Systems unterstützt (Siemens Medical Imaging System, 5. Generation). Hochkonstrastmonitore SIMOMED (54 cm Bildschirmdiagnole, 1280 Zeilen mit je 1024 Bildpunkten) bieten höchste Bildqualität. Monitore mit einer Ortsauflösung von 1800 Zeilen und 2400 Bildpunkten je Zeile bei sonst gleichen Leistungsdaten werden in abschbarer Zeit zur Verfügung stehen. Der Bildarbeitsplatz MagicView unterstützt die in Tabelle 13.2 aufgeführten Funktionen.

Der Bildarbeitsplatz ist modular von ein bis zu sechs Bildmonitoren ausbaubar (Bild 13.7). Die Bildarstellung auf den Monitoren ist konfigurierbar. Zusätzlich zu dieser Bildarstellung im sogenannten „Diagnostic View“ können Bildserien,

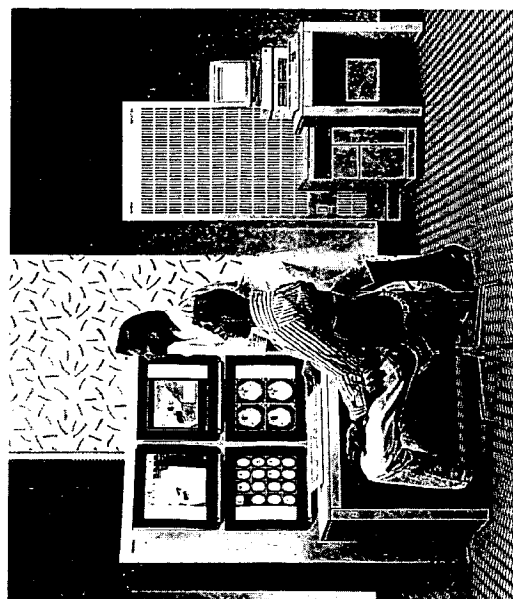


Bild 13.7 Siemens-Bildarbeitsplätze

z.B. die Schichtfolge einer CT-Untersuchung, im sogenannten „Stack View“ gestapelt dargestellt werden. Der Benutzer kann durch diesen Bildstapel interaktiv schnell durchblättern und dadurch einen quasi-dreidimensionalen Eindruck der enthaltenen Information bekommen. Zur schnellen Übersicht des kompletten Inhaltes einer „digitalen Filmtüte“ kann der gesamte Bildinhalt in einer Übersichtsdarstellung mit sehr vielen stark verkleinerten Bildern abgebildet werden. Diese Flexibilität des Bildarbeitsplatzes ermöglicht die größtmögliche Anpassung an die Aufgabenstellung des jeweiligen Einsatzortes.

Tabelle 13.2 Hauptfunktionen des Bildarbeitsplatzes SIENET MagicView Workstation

Administrative Funktionen	Bildarstellung	Bildauswertung	In Vorbereitung
Benutzeridentifikation über Paßwort, Benutzerprofile, Erst. von Bildmappen, Archivabfragen, Druckaufträge an Kamera, Kommunikation, Arbeitslisten	Bildmappen, Übersicht, Diagnose, Stapel, Temporär, Grauwertfensterung, Vergrößerung, Verkleinerung, Grauwertinvertierung, Bildrehnung, Bildspiegelung	Länge, Winkel, Fläche, Pixelstatistik, Region of interest, Dichtemessung, Subtraktion, Addition	Multiplan, Rekonstruktion, 3D-Rekonstruktion

13.3.5 Bildverteilung

An vielen Stellen innerhalb und außerhalb der Radiologie sollen Bilder nur betrachtet, nicht aber weiterverarbeitet werden. Dafür stehen in SIENET Bildverarbeitungsplätze, die MagicView 200 Workstations zur Verfügung.

Die schnelle Verteilung von Bildern zu den Bildbetrachtungsplätzen innerhalb der Radiologie und zu den klinischen Anwendern geschieht über das Kommunikationsnetz, je nach Anforderung über ETHERNET oder FDDI.

Nicht in jedem Fall kann die Bildverteilung zu jedem Empfänger im Krankenhaus über das Kommunikationsnetz erfolgen, und auch bei ambulanten Patienten müssen Bilder dem überweisenden Arzt als Filmkopie übermittelt werden. Hierzu können digital gespeicherte Bilder aus dem SIENET über Laserkameras (auch Filmprinter genannt) dokumentiert werden. Zum Anschluß von Laserkameras unterschiedlicher Hersteller steht der Camera-Server CS als SIENET-Produkt zur Verfügung. Der CS adaptiert unterschiedliche Fremdkameras an die SIENET-Kommunikationsprotokolle.

Umgekehrt müssen alte bzw. von ambulanten Patienten mitgebrachte Filmbilder in SIENET übernommen werden können. Filmdigitalisierer tasten dazu die konventionellen Röntgenfilme ab und übergeben die digitalisierten Bilder, systemkonform formatiert, an SIENET ab.

13.4 Systemplanung, Systemrealisierung, Systembetrieb

Abschließend sei betont, daß zur Realisierung eines PACS in einer konkreten Anwendungsumgebung die dafür benötigten Komponenten als Produkte ausgewählt, beschafft und in die individuelle Organisation mit ihren spezifischen Arbeitsabläufen eingepaßt werden müssen. Neben der dazu notwendigen Flexibilität der einzelnen Produkte, besonders ist hier die Parametrierbarkeit der Anwendersoftware gefordert, muß dazu ein Team aus Fachleuten des Anwenders und des Herstellers einen verbindlich vorgegebenen Projekt-Phasen-Plan, klar strukturiert in einzelne Phasen und Meilensteine, erstellen und abarbeiten. Die Hauptphasen sind dabei Systemplanung, Systemrealisierung und Systembetrieb [13.22].

Während der Hersteller die Entwicklung, Fertigung, Vermarktung, Lieferung und Instandhaltung der Hardware- und Softwarekomponenten des Systems zu verantworten hat, müssen Systemplanung, Systemrealisierung und Systembetrieb als systemspezifische Leistungen in enger Kooperation zwischen Anwender und Hersteller erbracht werden. Dieses Systemengineering ist neben Hard- und Software eine für die Qualität des Systems ausschlaggebende Komponente!

Literatur

1 Physiologie des Sehens

- [1.1] Keidel, W.D.: Sinnesphysiologie, Teil 1. Heidelberg Taschenbücher, Bd. 97. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1971
- [1.2] Deetjen/Speckmann: Physiologie, 2. Auflage, Abschnitt 3.22. Visuelles System, S. 77 bis 111, Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1994
- [1.3] David, E.; Reußenweber, J.; Peier, D.: EMVU, die EMV für den Menschen – über die Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf den Menschen, S. 261 bis 270. ELEKTRIE, Berlin 48 (1994) 7
- [1.4] Rohen, J.W.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. 3/4. Springer-Verlag 1964
- [1.5] Trendelenburg, W.: Lehrbuch der Physiologie. Der Gesichtssinn, Grundzüge der physiologischen Optik, 2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag 1961
- [1.6] Graff, Th.: Die Akkommodation beim Sehen durch das Nahbrillenglas. Mbl. Augenheilkunde 121 (1952) S. 205
- [1.7] Fuortes, M.G.F.: Handbook of sensory physiology, Vol. VII/2. Physiology of photoreceptor organs. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1972
- [1.8] Dartnall, H.J.A.: Handbook of sensory physiology, Vol. VII/1. Photochemistry of vision. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag
- [1.9] Baumgartner, G.: Physiologie des zentralen Sehsystems. In: Sehen Sinnesphysiologie III, S. 276 und 277. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg 1978
- [1.10] Gebauer, A.; Lissner, J.; Schott, O.: Das Röntgenfernsehen, 2. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 1974
- [1.11] Ranke, O.F.: Sinnesorgane. In: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Bd. 1 (Hrsg.: Lehman, G.) München, Berlin: Urban & Schwarzenberg 1961
- [1.12] Stange, G.: Ranks Streulichttheorie bei Blendung. Z. f. Verkehrssicherheit 9 (1963) S. 50 bis 55
- [1.13] Keidel, W.: Ranks Adaptionstheorie. Z. f. Biol. 112 (1961) S. 411 bis 425
- [1.14] Starkiewicz, W.: Physiologische Grundlagen der Helligkeits- und Farbmehrfundgen. Leipzig: VEB Georg Thieme 1970
- [1.15] Commichau, R.: Adaptionszustand und Unterschieds-Schwellenenergie für Lichtblitze. Z. f. Biol. 108 (1956) S. 145 bis 160
- [1.16] Rohen, W.: Funktionelle Anatomie des Nervensystems. Stuttgart, New York: K.F. Schattauer Verlag 1976
- [1.17] Schöber, H.: Das Sehen. Leipzig: Fachbuchverlag 1958
- [1.18] Zucke, L.: Visual perception of form. New York, London: Academic Press 1970
- [1.19] Kienle, G.: Wahrnehmungsstörung und die nicht euklidische Struktur des Sehraums. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 1968
- [1.20] Hensel, H.: Allgemeine Sinnesphysiologie. Hautsinne, Geschmack, Geruch. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1966
- [1.21] David, E. (Hrsg.): Grundlagen der Sportphysiologie. Erlangen: Perimed-Verlag 1986